

MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE CALAGEM E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ALGUNS SOLOS DE MINAS GERAIS¹

CARLOS ALBERTO VASCONCELLOS, DERLI PRUDENTE SANTANA² e LÚCIA FERREIRA³

RESUMO - O presente trabalho correlacionou a necessidade de calagem (NC) calculada por quatro métodos, com as características físico-químicas de diversos solos do Estado de Minas Gerais. Os materiais utilizados foram: alumínio trocável e cálcio mais magnésio e a saturação de bases em comparação com a NC para pH 6,0 obtida através da curva de incubação. Os solos foram agrupados segundo seu desvio, em classes de variação de zero a 5%; 5 a 10%; > 10% para atingir o pH 6,0. A NC calculada pela saturação de bases apresentou melhor correlação com o teor de argila, com a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T), e com a matéria orgânica (M:O:). Todos os métodos analisados apresentaram uma NC que, aplicada ao solo, acarretou variabilidades ao redor do pH 6,0. A saturação de bases foi o método que apresentou menor variabilidade. A correlação entre o pH e a saturação de bases (V) permitiu estimar que a saturação média, em condições controladas, é de 40% para atingir o pH 6,0.

Termos para indexação : variação do pH, saturação de bases

PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOME SOILS OF MINAS GERAIS AND METHODS FOR DETERMINING LIME REQUIREMENTS

ABSTRACT - This work shows the correlations between the lime requirements calculated with four different methods for several Minas Gerais soils. Lime requirement was calculated according to Exchange Aluminium and calcium and magnesium and bases saturation methods and lime requirement to pH 6.0 calculated through an incubation curve. Considering pH 6.0 as ideal, soils were separated from their standards deviation, into variations classes of 0 to 5%, 5 to 10% and more than 10% to reach pH 6.0. The lime requirement calculated on bases saturation method showed the best correlation with soil physical-chemistry characteristics as clay content, cation exchange capacity at pH 7.0 and organic matter. All methods showed a requirement that, applied, caused variability around pH 6.0. The bases saturation was the method with lower variability. The correlation between pH and bases saturation showed 40% as the media saturation up to pH 6.0 under controlled conditions.

Index terms : pH variability, base saturation.

INTRODUÇÃO

São conhecidos os problemas causados pela acidez nos solos brasileiros, sendo a correção desta acidez uma prática indispensável para desenvolvimento das culturas. A calagem, além da

eliminação e/ou redução de elementos tóxicos, favorece o aumento da disponibilidade de nutrientes e a melhoria da atividade microbiana, e aumenta a eficiência de utilização dos fertilizantes aplicados.

Para reduzir a acidez dos solos a níveis compatíveis com uma produção econômica, necessita-se de métodos adequados que quantifiquem as doses de calcário a aplicar.

Vários são os métodos utilizados e indicam quantidades diferentes de calcário para um mesmo solo e cultura. Dentre eles podem ser mencionados:

¹ Aceito para publicação em 11 de março de 1994.

Trabalho apresentado na XVII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, em Guarapari, ES.

² Eng. Agr., Ph.D., EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS). Caixa Postal 151. CEP 35701-970. Sete Lagoas, MG.

³ Eng.^a. Agr.^a. EMBRAPA/CNPMS - PIEP. Bolsista do CNPq

2918

a. Neutralização do alumínio trocável e/ou dos teores de cálcio mais magnésio; b. Elevação da saturação de bases; c. Solução tampão SMP.

O método de incubação com carbonato de cálcio, considerado padrão, é utilizado para aferição dos demais métodos. É através desta curva que se obtém a quantidade de calcário a ser utilizada para elevar o solo a um determinado pH. Sua utilização é dificultada pelo tempo prolongado de sua realização.

Diversos são os trabalhos, que discutem a eficiência dos métodos; cada Estado segue um método, independentemente do tipo e classificação do solo (Catani & Alonso, 1969; Mello, 1974; Kaminsk & Bohnen, 1976; Muzilli & Godoy, 1979).

Sánchez (1981), afirma não ser aconselhável o cálculo da necessidade de calagem com base no hidrogênio potencial. Esta acidez potencial inclui, na sua determinação, por solução tamponada a pH $\geq 7,0$, hidrogênios ligados a grupos carboxílicos e óxidos hidratados de Fe e Al, que não causam problemas para as culturas

Quaggio et al. (1985) consideram que, em base no Al trocável, a quantidade de calcário é subestimada. Defelipo et al. (1972), dentre outros, salientam que a quantidade de calcário calculada com base no Al, Ca e Mg não apresenta correlação com o pH final. Freitas et al. (1968) também concordam que as doses são insatisfatórias quando se objetiva elevar o pH a determinado valor, mas para a neutralização do Al trocável e fornecimento de cálcio e magnésio ao solo, as quantidades de calcário recomendadas pelo método do Al trocável se mostram adequadas.

Segundo Catani & Gallo (1955), os métodos mais eficientes são os que levam em conta a correlação existente com a porcentagem de saturação de bases e o pH.

Através desta correlação, no Estado de São Paulo tem-se adotado 60% de saturação de bases para atingir pH 6,0 (Raij, 1981). No Vale do Ribeira, SP, Quaggio et al. (1987), trabalhando com a cultura do milho e feijão, concluíram que é possível reduzir o nível de calagem para faixa de 40 a 50% de saturação de bases nos solos orgânicos, e abaixo dos níveis de 60 a 70% é recomendado para solos minerais. Afirmam que a calagem

deve ser feita em níveis de 50 a 60% de saturação de bases, para evitar desequilíbrio com K e deficiência de micronutrientes.

Nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul tem sido usado, preferencialmente, o método de solução tampão SMP, que recomenda calagem para atingir determinado valor de pH. Esta recomendação exige correlação com a curva de incubação pelo menos a nível estadual (Raij, 1981).

Em Santa Catarina, Ernani & Almeida (1986), trabalhando com os métodos SMP, Al trocável e saturação de bases, observaram que todos os métodos, estimaram satisfatoriamente a necessidade de calagem, com exceção ao método saturação de bases, que recomendou quantidades insuficientes de calcário, principalmente para os solos com alto poder tampão.

No Estado do Paraná, Muzilli et al. (1969) concluíram que a quantidade de calcário indicada, por duas vezes o Al trocável, foi suficiente para elevar o pH acima de 6.0.

Na região de Campo Mourão, PR, Palhano et al. (1982) comprovaram a eficiência do método do Al trocável vezes o fator 2 para redução do alumínio abaixo do nível tóxico, porém a eliminação total do alumínio só ocorreu com a calagem recomendada pelo método SMP.

Estudos realizados por Portela (1984) para determinação da quantidade de calcário necessária para as culturas do milho e do feijão em solos da microrregião de Viçosa, MG, em casa de vegetação e no campo, mostraram que as necessidades de calagem foram variáveis conforme o método empregado.

A importância da calagem em solos ácidos, e a quantificação e qualificação das recomendações orientaram a necessidade de procurar avaliar o significado das quantidades de calcário recomendada por quatro métodos de determinação da necessidade de calagem (NC) em diversos solos de Minas Gerais variando entre si quanto à textura, composição mineralógica, material de origem e características físico-químicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados referentes a 45 solos do Estado de Minas Gerais, dos quais 27 são oriundos das

teses de Bahia Filho (1982) e Portela (1984) e do trabalho de Defelipo (1970).

Os resultados dos 18 solos restantes foram obtidos através de amostras coletadas em vários locais de MG, e selecionados de acordo com sua variação em textura, composição mineralógica, material de origem e características físico-químicas, Tabela 1. Destes solos foram pesados 100 g de cada (peso seco ao ar), homogeneizados e condicionados em copos de plástico. Em casa de vegetação, as amostras foram colocadas para incubação segundo método proposto por Dunn (1943). Nas amostras foram adicionadas doses crescentes de calcário, para neutralizar 0,0; 25; 50; 75; 100% da acidez potencial ($H + Al$), e, posteriormente, homogeneizadas. Após esta operação (mistura de solo mais calcário), fez-se umedecimento com água destilada em aproximadamente 80% da capacidade de campo. Esta umidade foi mantida durante o tempo de incubação por meio de pesagem.

Após o período de incubação, as amostras (25 dias) foram retiradas para análise em laboratório. As determinações das características dos solos foram obtidas segundo normas do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (EMBRAPA, 1979).

O calcário utilizado foi o AGRICAL, com teores de 38,87% de CaO; 12,82% de MgO; 109% de PRNT; 3,6% de RI e 120,75% de PN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade do pH e o método de cálculo da NC.

Após o período de 25 dias de incubação dos solos com diferentes quantidades de calcário foram ajustadas equações entre o pH (variável dependente) e a porcentagem de neutralização do $H + Al$ extraído com acetato de cálcio (pH 7,0). Os resultados estão indicados na Tabela 2. Estas equações serviram de base para cálculo da necessidade de calagem para atingir um valor específico de pH. Por exemplo, no LR de Patos de Minas, será necessário neutralizar 38% do $H + Al$ (0,72/1,88) para alcançar o pH 6,00. Isto significa aplicar 1,19 t de calcário/ha, com PRNT 100% (3,11 x 0,383). Deve-se observar que incubação em

TABELA 1. Algumas características físicas e químicas de diferentes solos do Estado de Minas Gerais - Sete Lagoas, 1988.

Solo	Local	pH em água	Carbono			Complexo sortivo							Argila %
			Fe203 -----	Al203 -----	orgânico ----- % -----	K	Ca	Mg meq/100	S g de Solo	H	Al	T	
LR	Patos de Minas	4,9	30,94	25,05	0,76	0,04	0,12	0,08	0,25	3,11	0,00	3,36	41
LE	Além Paraíba	5,4	16,68	34,04	1,28	0,05	0,12	0,08	0,26	4,54	0,00	4,80	52
LP	São Gotardo	5,4	13,06	21,69	1,05	0,05	0,12	0,10	0,28	4,05	0,00	4,33	30
LV	Lavras	5,2	9,20	22,73	1,67	0,14	0,54	0,15	0,83	5,57	0,41	6,81	42
LE	Sacramento	5,3	15,74	27,58	1,25	0,03	0,10	0,09	0,23	4,44	0,00	4,67	37
LE	Sete Lagoas	4,9	12,64	26,73	2,41	0,09	0,10	0,26	0,45	9,48	1,14	11,07	64
LR	Patos de Minas	4,8	19,78	28,24	2,16	0,06	0,17	0,12	0,36	10,83	0,81	12,00	58
LV	Uberaba	5,3	9,79	31,63	0,96	0,04	0,11	0,07	0,23	4,62	0,00	4,85	55
AQ	Campina Verde	4,8	5,70	3,95	0,19	0,04	0,09	0,06	0,20	1,07	0,75	2,02	9
LE	Ituiutaba	4,9	14,30	11,85	0,53	0,06	0,28	0,12	0,47	3,62	0,90	4,99	36
LE	Campina Verde	4,6	7,14	5,10	0,51	0,05	0,38	0,17	0,61	2,37	1,00	3,98	18
LE	Pontal	5,1	14,63	12,36	0,51	0,07	0,29	0,18	0,55	3,66	0,91	5,12	39
LE	Douradoquara	5,1	13,64	17,13	0,53	0,07	0,11	0,07	0,26	3,19	0,25	3,70	34
LA	Paracatu	5,3	-	-	3,30	0,10	0,13	0,07	0,30	7,41	0,35	8,06	58
LA	Patrocínio	5,5	-	-	4,30	0,13	0,13	0,10	0,36	7,65	0,10	8,11	45
LE	Uberaba	5,5	-	-	0,80	0,07	0,16	0,11	0,34	2,59	0,05	2,98	17
LA	Monte Santo	5,3	-	-	1,20	0,08	0,24	0,17	0,49	3,84	0,45	4,78	10
LE	Sete Lagoas	5,2	-	-	4,20	0,10	1,44	0,21	1,75	10,87	0,85	13,47	66

TABELA 2. Equações ajustadas entre o pH(y) e a quantidade de calcário para neutralizar 00, 25, 50, 75 e 100% do valor de $H^+ + Al^{3+}$, extraído com acetato de cálcio a pH 7,0 em diferentes solos de Minas Gerais - Sete Lagoas, 1988.

Solo	Local	Equações	Coefficiente de correlação
LR	Patos de Minas	$y = 5,28 + 1,88 x$	$r = 0,92 ***$
LVE	Além Paraíba	$y = 5,22 + 1,40 x$	$r = 0,91 **$
LP	São Gotardo	$y = 6,16 + 1,24 x$	$r = 0,90 **$
LVA	Lavras	$y = 5,30 + 1,84 x$	$r = 0,97 ***$
LVE	Sacramento	$y = 5,58 + 1,64 x$	$r = 0,94 ***$
LVE	Sete Lagoas	$y = 5,20 + 1,56 x$	$r = 0,90 **$
LVE	Patos de Minas	$y = 5,50 + 1,56 x$	$r = 0,93 ***$
LVA	Uberaba	$y = 5,60 + 1,63 x$	$r = 0,92 ***$
Areia quartzosa	Campina Verde	$y = 5,08 + 2,32 x$	$r = 0,96 ***$
LVE	Ituiutaba	$y = 4,96 + 2,04 x$	$r = 0,99 ***$
LVE	Campina Verde	$y = 5,10 + 2,04 x$	$r = 0,97 ***$
LVE	Pontal	$y = 5,46 + 2,00 x$	$r = 0,94 ***$
LVE	Douradoquara	$y = 5,24 + 2,00 x$	$r = 0,99 ***$
LA	Paracatu	$y = 5,45 + 1,8 x$	$r = 0,95 ***$
LA	Patrocínio	$y = 5,51 + 1,6 x$	$r = 0,95 ***$
LE	Uberaba	$y = 5,58 + 2,5 x$	$r = 0,96 ***$
LA	Monte Santo	$y = 5,32 + 2,0 x$	$r = 0,95 ***$
LE	Sete Lagoas	$y = 5,25 + 1,70 x$	$r = 0,95 ***$

*** Significativo a 1%** Significativo a 5%

condições controladas não permite a eliminação do excesso de sais além de haver completa reação do corretivo com o solo e constante controle de umidade, sem alternância de umedecimento e secagem, como ocorre em condições de campo.

Adotando-se este critério para cálculo da necessidade de calagem para pH 6,00, procurou-se estabelecer um paralelo entre os seguintes métodos usados no cálculo da necessidade de calagem:

$$A - NC = 2 \times Al,$$

$$B - NC = 2 \times Al + [2 - (Ca + Mg)]$$

$$C - NC = T (V_2 - V_1)/100$$

Os resultados destes cálculos estão na Tabela 3.

Foram incluídas as curvas de neutralização obtidas por Defelipo (1970), Bahia Filho (1982) e Portela (1984).

Posteriormente, efetuou-se o cálculo do pH que, teoricamente, seria obtido caso fosse aplicada a respectiva quantidade de calcário indicada para cada método. Exemplo: LR - Patos de Minas $NC = 2 \times Al + [2 - (Ca + Mg)] = 1,8 \text{ t}$; $pH = 5,28 + 1,88 \times 1,8/3,11 = 6,37$.

Estes resultados confirmam a existência da

variabilidade do pH final entre os vários métodos (Tabela 3).

Para melhor interpretar estas variações de pH, procurou-se avaliar a diferença entre o pH final (efeito da calagem) com o pH 6,00, considerado ideal. O desvio-padrão da diferença (pH) dos métodos A, B e C foram, respectivamente, $S_A = 0,567$; $S_B = 0,797$ e $S_C = 0,304$. Houve, portanto, maior variabilidade do pH final quando a recomendação foi efetuada pela fórmula envolvendo os teores de alumínio, cálcio e magnésio. A menor variabilidade foi obtida através do método C, que considera a saturação de bases (60%) recomendada por Raij (1981) para o Estado de São Paulo. Desta forma, procurou-se estabelecer uma equação entre pH (variável dependente) e saturação de bases (variável independente). A equação ajustada foi $y = 4,78 + 0,032x$; $r = 0,85 ***$ (significativa a 1%), representada na Fig. 1. O pH médio foi de 5,95, CV = 8,06%.

Esta equação é bastante similar à apresentada por Raij (1981). O pH da intercepção é um pouco maior; entretanto, como foram incluídos pontos da curva de incubação, é possível uma alteração

TABELA 3. Necessidade de calagem pelos seguintes métodos em diversos solos de MG:

A: $NC = 2 \times A1$

C: $NC = T (V2 - V1)/100$

B: $NC = 2 \times A1 + [2 - (Ca + Mg)]$

D: $NC = pH\ 6,0$

Solos	Local	Métodos (t/ha)				pH			
		A	B	C	D	A	B	C	D
AQd - TM5	Campina Verde ⁽¹⁾	1,8	2,97	1,9	1,33	6,16	6,57	6,2	6,0
LEdm - TM6	Ituiutaba ⁽¹⁾	0,4	0,4	0,59	1,66	5,68	5,68	5,73	6,0
LEdm - TM13	Campina Verde ⁽¹⁾	1,2	1,74	1,83	2,06	5,56	5,84	5,88	6,0
LEdr - TM42	Iturama ⁽¹⁾	0,32	0,32	0,0	0,83	5,87	5,87	5,7	6,0
LEdr - TM14	Douradoquara ⁽¹⁾	2,6	3,98	3,83	2,98	5,24	6,36	6,32	6,0
Lvar - TM56	Uberaba ⁽¹⁾	1,2	2,90	4,79	4,62	4,83	5,43	6,03	6,0
LEdr - APC13	Patos de Minas ⁽¹⁾	3,4	4,60	8,53	9,65	4,89	5,09	5,83	6,0
LVar - TM67	Uberaba	2,8	4,62	5,54	4,59	5,39	6,00	6,29	6,0
LVa	Paracatu	0,7	2,6	4,5	2,6	5,6	6,0	6,4	6,0
LVa	Patrocínio	0,2	2,0	4,5	2,5	5,5	5,9	6,3	6,0
LEn	Uberaba	0,1	1,9	1,4	0,5	5,6	7,0	6,6	6,0
LVm	Monte Santo	0,9	2,5	2,4	1,5	5,8	6,7	6,7	6,0
LEdr	Sete Lagoas	1,70	2,1	6,3	5,2	5,5	5,6	6,2	6,0
JEQ	Jequeri ⁽³⁾	0,0	0,0	1,07	4,37	5,3	5,3	5,47	6,0
PAN	Pedra do Anta ⁽³⁾	0,40	0,40	3,05	8,33	4,57	4,57	5,05	6,0
PFS	Porto Firme (Seb) ⁽³⁾	0,60	1,10	3,10	8,13	4,80	4,88	5,20	6,0
VIC	Viçosa ⁽³⁾	0,60	0,80	2,96	7,0	4,72	4,76	5,19	6,0
COI	Coimbra ⁽³⁾	1,60	1,60	4,00	8,4	4,3	4,3	4,9	6,0
PFO	Porto Firme (Olgo) ⁽³⁾	1,60	2,30	4,27	7,73	4,65	4,81	5,24	6,0
CAJ	Cajuri ⁽³⁾	1,40	2,10	4,59	9,05	4,39	4,54	5,06	6,0
ERJ	Ervália (Jatiboça) ⁽³⁾	2,60	3,50	5,06	15,38	4,34	4,46	4,66	6,0
ERC	Ervália (Careço) ⁽³⁾	2,80	4,0	7,20	10,63	4,75	4,94	5,45	6,0
Lat. Roxo	Patos de Minas	0,0	1,8	1,78	1,19	5,28	6,38	6,63	6,0
Lat. V. Escuro	Além Paraíba	0,0	1,8	2,64	0,58	5,82	6,38	6,63	6,0
Lat. Pálido	São Gotardo	0,0	1,78	2,34	0,0	6,16	6,70	5,88	6,16
Lat. V. Escuro	Sacramento	0,0	1,81	2,57	1,14	5,58	6,25	6,53	6,0
Lat. V. Escuro	Sete Lagoas	2,28	3,92	6,20	5,45	5,53	5,78	6,11	6,0
Lat. V. Escuro	Patos de Minas	1,62	3,33	6,84	3,73	5,72	5,95	6,42	6,0
Lat. V. Amarelo	Uberaba	0,0	1,82	2,67	1,1	5,6	6,26	6,57	6,0
A. Quartzosa	Campina Verde	1,5	3,35	1,01	0,72	6,99	9,35	6,37	6,0
Lat. V. Escuro	Ituiutaba	1,8	3,4	2,54	2,30	5,77	6,49	6,12	6,0
Lat. V. Escuro	Campina Verde	2,0	3,45	1,79	1,49	6,31	7,19	6,18	6,0
Lat. V. Escuro	Pontal	1,82	3,35	2,51	1,23	6,26	6,93	6,56	6,0
Lat. V. Escuro	Douradoquara	0,50	2,32	1,96	1,34	5,53	6,59	6,33	6,0
Lat. V. Amarelo	Lavras	0,82	2,13	3,27	2,28	5,55	5,96	6,31	6,0
Lat. V. Amarelo	Jequitinhonha ⁽²⁾	5,6	5,6	5,55	15,71	5,16	5,16	5,15	6,0
Lat. V. Amarelo	Patos de Minas ⁽²⁾	2,28	2,53	6,16	8,89	5,17	5,21	5,66	6,0
Lat. V. Amarelo	Sete Lagoas ⁽²⁾	3,24	3,64	5,39	9,06	5,41	5,45	5,63	6,0
Lat. V. Amarelo	Curvelo ⁽²⁾	1,52	1,52	2,15	3,33	5,69	5,69	5,80	6,0
Lat. V. Amarelo	Floresta ⁽²⁾	2,28	2,68	0,58	3,00	5,86	5,94	5,52	6,0
Lat. V. Amarelo	Floresta	3,24	3,94	1,84	4,43	5,81	5,90	5,50	6,0
Pod. V. Amarelo	Viçosa	3,80	3,80	3,02	8,94	5,13	5,13	5,00	6,0
Pod. V. Amarelo	Viçosa	3,24	3,84	3,39	3,95	5,91	5,92	5,93	6,0
Pod. V. Amarelo	Viçosa	2,28	2,28	3,82	4,03	5,72	5,72	5,96	6,0
Lat. Roxo	Capinópolis	0,18	0,18	0,0	0,0	6,48	6,48	6,46	6,46

1) Bahia Filho (1982), 2) Defélipo et al. (1972) e 3) Portela (1984)

do pH por excesso de sais ou pela influência da umidade, como demonstrado por Orlando Filho et al. (1977). Para o grupo de solos estudados de

Minas Gerais, a recomendação de 40 a 50% de saturação de bases parece ser a mais adequada, partindo do pressuposto de ser o pH igual a 6,0 o

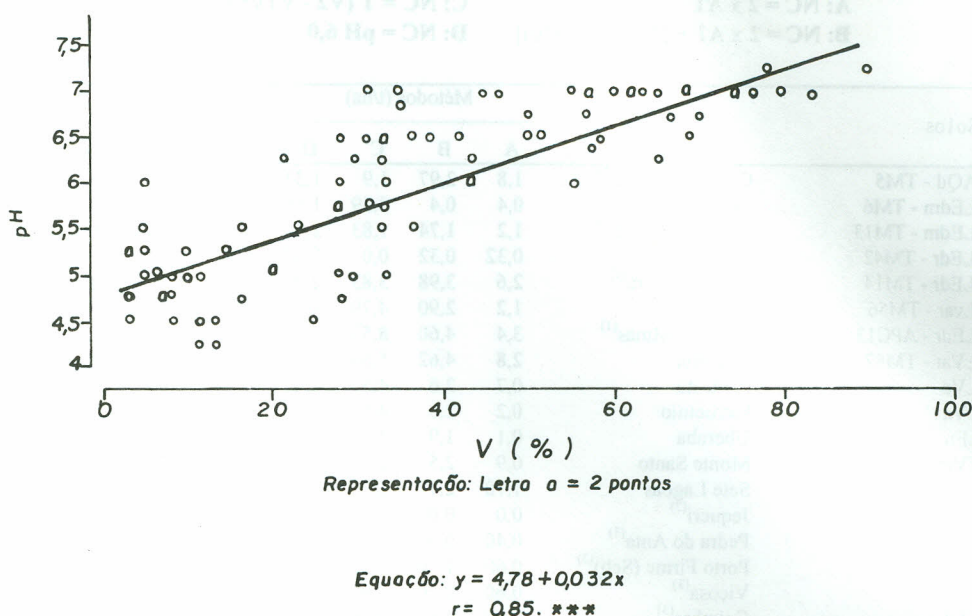


FIG 1. Representação gráfica da relação entre o pH e saturação de bases referente a diferentes solos de Minas Gerais.

ideal. É válido, contudo, fazer avaliações de campo para adequar os resultados práticos com a teoria. Em condições de campo, há interferência da distribuição e incorporação do corretivo. Sousa et al. (1980) mencionam a recomendação do SMP como a de menor variabilidade para pH 6,0. Todavia, ressaltam a necessidade da sua calibração.

Variabilidade do pH e parâmetros físico-químicos do solo

A partir do pH final, procurou-se quantificar o percentual de variação para cada método através da fórmula:

variação percentual = $(\text{pH} / 6,0) \cdot 100$, como pode ser observado no Tabela 4. Através deste percentual de variação, os solos foram agrupados, por métodos, em três classes:

1. variação de 0-5%
2. variação de 5-10%
3. variação > 10%, demonstrado na Tabela 4.

Tendo esta distribuição dos solos em estudo, procurou-se por meio de correlações, verificar a adequação da recomendação de calcário de cada

método com alguns parâmetros físico-químicos (Tabela 4).

Estes resultados demonstram que os valores do coeficiente de correlação entre a necessidade de calagem calculada com base na fórmula $NC = 2 \cdot Al$ foram baixos. Houve coeficientes significativos apenas quando na presença do valor de "m" para variação do pH, entre 0-5%. Ao se aumentar a variação do pH, houve aumento do coeficiente de correlação para a saturação de alumínio, e efeito significativo para o valor de T obtido a pH 7,0.

Quanto ao método B, os valores do coeficiente de correlação foram maiores do que os obtidos com relação ao método A, e significativos, para o valor m, argila, Al_2O_3 e Al, quando a variação de pH é inferior a 5%.

É interessante observar a correlação negativa entre o pH inicial e a NC, quando em variações de pH acima de 5%. Este fato indica que, nestes solos, quanto maior o pH inicial, menor a recomendação de calagem, ou seja, menor o teor de Al e maiores os teores de cálcio e magnésio. Quando em menores valores de pH, a presença do Al

TABELA 4. Coeficiente de correlação entre a necessidade de calagem, calculado por vários métodos e alguns parâmetros físico-químicos do solo.

Parâmetros	Método A			Método B			Método C		
	0 a 5 %	5 a 10 %	> 10 %	0 a 5 %	5 a 10 %	> 10 %	0 a 5 %	5 a 10 %	> 10 %
m	0,56** (13)	0,62*** (16)	0,40 (16)	0,21*** (14)	0,78*** (14)	0,52* (17)	0,56* (11)	0,50** (21)	0,59** (13)
v	0,13 (13)	-0,05 (16)	-0,05 (16)	-0,37 (14)	-0,56** (14)	-0,25 (17)	-0,77*** (11)	-0,64*** (21)	0,14 (13)
Argila	0,27 (13)	0,33 (16)	0,35 (16)	0,63** (14)	0,11 (14)	0,21 (17)	0,84*** (11)	0,59*** (21)	0,67** (13)
M:O:	0,30 (13)	0,49* (16)	0,39 (14)	0,26 (14)	-0,06 (14)	0,09 (17)	0,58* (11)	0,52** (21)	0,93*** (13)
Al203	-0,46 (8)	-0,29 (8)	0,12 (5)	0,65* (8)	-0,03 (8)	-0,78 (5)	0,96*** (7)	0,58** (12)	- -
Fe203	-0,02 (8)	-0,17 (8)	-0,66 (5)	0,49 (8)	-0,01 (8)	-0,41 (5)	0,67* (7)	0,28 (12)	- -
Eq.Umid.	-0,12 (9)	0,09 (12)	-0,31 (5)	0,58 (10)	0,06 (9)	-0,15 (7)	0,92*** (8)	0,71*** (14)	0,58 (4)
S	0,07 (13)	-0,06 (16)	0,40 (16)	-0,38 (14)	-0,51* (14)	0,23 (17)	-0,54* (11)	-0,50* (21)	0,56** (13)
T	0,39 (13)	0,36 (16)	0,64*** (16)	0,32 (14)	-0,21 (14)	0,43 (17)	0,65* (11)	0,37 (21)	0,83*** (13)
pH inicial	-0,19 (13)	-0,58** (16)	-0,47* (16)	0,70*** (14)	-0,54** (14)	-0,28 (17)	0,44 (11)	0,51*** (21)	0,78*** (13)
Al	1,00 (14)	1,00 (14)	1,00 (17)	0,81** (14)	0,83*** (14)	0,86*** (17)	0,51 (11)	0,44** (21)	0,71*** (13)

* 10%

() n°

** 5%

n.s.

*** 1%

favorece a correlação positiva com a NC. Apesar de significativo, o coeficiente de correlação é baixo (54%).

Na Tabela 5 estão as regressões obtidas entre o teor de alumínio trocável (y) e o pH inicial (x). Estes dados demonstram a variabilidade do Al em função do pH, entre classes de variação e entre os vários métodos. Portanto, apesar de a NC estar correlacionada com o teor de Al, o pH não explica adequadamente a variação deste cátion em todos os solos. Provavelmente, há influência do teor de H proveniente da matéria orgânica. O extrator KCl 1N, extrai tanto o Al como o H. Dependendo do teor de MO, o teor de H poderá ser maior ou menor. É conveniente observar que o pH inicial, para a variação de 0-5% nos métodos A, B e C não se correlacionou com o Al. A menor variabi-

lidade do pH, portanto, não esteve ligada à acidez trocável (Al+3).

A necessidade da calagem calculada pelo método C (saturação de bases) apresentou correlação significativa com as características físicas e químicas analisadas, o que demonstra que esta NC apresenta embasamento teórico; contudo, as correlações significativas obtidas não explicam a variabilidade ao redor do pH 6,0.

De modo geral, nos latossolos, há predominância de cargas associadas à caolinita e à gibsit. Na camada arável há a matéria orgânica que, em função de sua origem e grau de decomposição, a sua CTC pode variar de 300-400 meq/100g de material (Broadbent, 1953; Raj, 1969). Para as condições do Estado de São Paulo, a CTC de matéria orgânica variou de 190 a 400 meq/100g de mate-

TABE1A 5. Equações de regressão obtidas entre o pH inicial (x) e A1 trocável em diferentes classificações de variabilidade relativas a três métodos de recomendação de calagem.

Método	Variabilidade	Equação	r
A	> 5%	$y = 2,75 - 0,370 x$ A1	- 0,193 ns
	5 - 10%	$y = 5,61 - 0,957 x$ A1	- 0,577 **
	> 10%	$y = 7,56 - 1,425 x$ A1	- 0,441 *
B	< 5%	$y = 5,17 - 0,852 x$ A1	- 0,444 ns
	5 - 10%	$y = 2,61 - 0,376 x$ A1	- 0,234 ns
	> 10%	$y = 5,82 - 1,035 x$ A1	0,538 ***
C	< 5%	$y = 2,92 - 0,384 x$ A1	- 0,273
	5 - 10%	$y = 4,97 - 0,840$ A1	- 0,567 ***
	> 10%	$y = 4,96 - 0,876 x$ A1	- 0,407 ns

Todos os solos $y = 4,15 - 0,674 x$, $r = - 0,413$ ***

*, **, *** - respectivamente significativo a 10, 5 e 1%.

rial, representando uma contribuição média de 74% da CTC do solo (amostras superficiais), (Raij, 1969).

Em função deste aspecto, procurou-se ajustar equações entre o percentual de argila (x) e o valor de T a pH 7,00 (y), como apresentado na Tabela 6. De modo análogo, calculou-se o valor de T e de C expresso em 100 g de argila, ou seja, calculou-se o valor de T e de C corrigindo-se para 100 g de argila. Os resultados estão apresentados na Tabela 7.

As equações obtidas entre a percentagem de argila e o valor de T demonstram que, em todos os métodos, o maior coeficiente com relação ao valor de b das equações é obtido quando há maior variabilidade de pH.

Considerando-se apenas os valores da inclinação de reta, pode-se inferir que nos solos classificados no método A em variações de pH inferior de 5%, entre 5-10% e > 10% apresentam respectivamente um acréscimo de 5,8(1/0,171), 7,6 e 3,8

meq de carga/1% de C, ou seja, o equivalente a 330, 440 e 220 meq de carga/100 g de matéria orgânica. Estes valores são semelhantes aos obtidos por Raij (1969) em solos de São Paulo (190-400 meq/100 g de matéria orgânica). Nos solos classificados pelo método B, estes valores foram de 465, 360 e 330 meq de cargas/100 g de matéria orgânica. E para os do método C, 360, 310 e 440 meq de cargas/100 g de matéria orgânica. Portanto, nos métodos que envolvem o alumínio trocável, os menores valores relativos à atividade da matéria orgânica resultam em maior variabilidade do pH. O inverso é obtido com o método C, por envolver o valor de T a pH 7,0. Utilizando-se as equações da Tabela 7, verificou-se que a função argila contribui com 1,2 (0,2/1,71), 8,6 e 3,4 meq/100 g de argila, para os solos classificados no método A, quanto à variabilidade de < 5%, 5-10% e > 10%. Com relação ao método B, estes valores foram, respectivamente, 13,6, 4,6 e

TABE1A 6. Equações de regressão obtidas entre o percentual de argila (x) e o valor de T obtido a pH 7,0 em diferentes classificações de variabilidade do pH referentes a três métodos de recomendação de calagem.

Método	Variabilidade	Equação	r
A	< 5%	$y = 4,40 + 0,089 x$ T	0,480*
	5 - 10%	$y = 2,54 + 0,130 x$ T	0,656 ***
	> 10%	$y = 2,56 + 0,163 x$ T	0,615 **
	< 5%	$y = 5,69 + 0,059 x$ T	0,399 ns
	5 - 10%	$y = 3,22 + 0,117 x$ T	0,551 **
	> 10%	$y = 0,14 + 0,235 x$ T	0,846 ***
C	< 5%	$y = 4,39 + 0,099 x$ T	0,735 ***
	5 - 10%	$y = 2,07 + 0,151 x$ T	0,564 ***
	> 10%	$y = 0,22 + 0,211 x$ T	0,710 ***

respectivamente, *, **, *** significativos a 10, 5 e 1%.

TABE1A 7. Equações de regressão obtidas entre o valor de C (y) e T (x) expressos em 100g de argila em diferentes classificações de variabilidade do pH referentes a três métodos de recomendação de calcário.

Método	Variabilidade	Equação	r
A	< 5%	$y = 0,20 + 0,171 x$	0,918 ***
	5 - 10%	$y = 1,14 + 0,132 x$	0,902 ***
	> 10%	$y = 0,09 + 0,262 x$	0,699 ***
B	< 5%	$y = 1,67 + 0,127 x$	0,888 ***
	5 - 10%	$y = 0,73 + 0,159 x$	0,907 ***
	> 10%	$y = 1,50 + 0,174 x$	0,535 **
C	< 5%	$y = 0,75 + 0,158 x$	0,957 ***
	5 - 10%	$y = 0,38 + 0,186 x$	0,654 ***
	> 10%	$y = 2,79 + 0,130 x$	0,570 **

8,6 meq/100 g de argila; para o método C, 4,74, 2,0 e 21 meq/100 g de argila. Portanto, quando a necessidade de calagem é efetuada em solos com

matéria orgânica e argila de atividade alta, há maior variabilidade de pH.

De acordo com Grin (1959), a caulinita apre-

senta CTC variável entre 3 e 15 meq/100 g de material. Provavelmente, estudos que associem a mineralogia podem esclarecer melhor a variabilidade do pH quando se adiciona o calcário.

CONCLUSÕES

1. A necessidade de calagem calculada pela saturação de bases apresentou melhor correlação com o teor de argila, com a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 e com a matéria orgânica.

2. Todos os métodos apresentaram necessidade de calagem que, aplicada ao solo, acarretou variabilidade ao redor do pH 6,0. A saturação de bases foi o método que apresentou menor variabilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores Lúcia Ferreira e Carlos Alberto Vasconcellos agradecem ao CNPq pela bolsa de estudos a eles concedida..

REFERÊNCIAS

- BAHIA FILHO, A.F.C. **Índices de disponibilidade de fósforo em latossolos do Planalto Central com diferentes características texturais e mineralógicas**. Viçosa: UFV, 1982. 179p. Tese Doutorado.
- BROADBENT, F.E. The soil organic fraction. **Advances in Agronomy**, v. 5, p.153-183, 1953.
- CATANI, R.A.; ALONSO, O. Avaliação de exigências de calcário do solo. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.26, p.141-156, 1969.
- CATANI, R.A.; GALLO, J.R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação de bases. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.30, n.1/3, p.49-60, 1955.
- DEFELIPO, B.V. **Comparação entre os métodos para determinar a necessidade de calcário de solos de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1970. 59p. Tese de Mestrado.
- DEFELIPO, B.V.; BRAGA, J.M.; JPIES, C. Comparação entre métodos de determinação da necessidade de calcário de solos de Minas Gerais. **Experientiae**, Viçosa, v.13, n.4, p.111-135, 1972.
- DUNN, L.E. Lime requirement determination of soils by means of titration curves. **Soil Science**, v.56, n.5, p.341-351, 1943.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v., n.2, p.143-150, 1986.
- FREITAS, L.M.M. de; PRATT, P.F.; VETTORI, L. Testes rápidos para estimar as necessidades em calcário de alguns solos de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.3, p.159-164, 1968.
- GRIN, R.E. **Clay mineralogy**. New York: McGraw Hill, 1959. 384p.
- KAMINSKI, J.; BOHNEN, H. Métodos para indicação da quantidade de corretivo da acidez em solos do Rio Grande do Sul. **Revista da Faculdade de Agronomia. UFRGS**, Porto Alegre, v.1, n.2, p.85-98, 1976.
- MELLO, F.A.F. Sobre a correção da acidez de quatro solos por três diferentes processos. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.49, n.2/3, p.67-74, 1974.
- MUZILLI, O.; GODOY, O.P. Correção da acidez em um latossolo roxo distrôfico no oeste do Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p.159-163, 1979.
- MUZILLI, O.; KALCKMANN, R.E.; MUNHOZ, F.G. Estudos da correção da acidez dos solos do Estado do Paraná. I. Determinação de curvas de neutralização em latossolos roxo do oeste. **Revista da Escola de Agronomia e Veterinária**, v.5, n.único, p.25-33, 1969.
- ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JUNIOR, E.; GLORIA, N.A. da. Influência sazonal nos resultados das análises químicas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.1, n.2/3, p.62-65, 1977.

- PALHANO, J.B.; CAMPO, R.J.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M.; CORDEIRO, D.S. Efeito de níveis de calcário sobre o rendimento da soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília, DF. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1982. p.617-624.
- PORTELA, M. C.L. da S. **Necessidade de calagem para as culturas do feijão e milho, em consórcio, em solos da microrregião da Mata de Viçosa, Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1984. 68p. Tese Mestrado.
- QUAGGIO, J.A.; ISHIMURA, I.; SAES, L.A.; YANAI, K. Respostas da abobrinha italiana a doses de calcário com diferentes teores de magnésio em solo orgânico do Vale do Ribeira (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.2, p.167-173, 1987.
- QUAGGIO, J.A.; SAKAI, M.; ISHIMURA, I.; SAES, L.A.; BATAGLIA, O.C. Calagem para a rotação feijão-milho verde em solos orgânicos do Vale do Rio Ribeira de Iguape (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, n.3, p.255-261, 1985.
- RAIJ, B.van. A capacidade de troca de cátions da fração orgânica e mineral em solos. **Bragantia**, Campinas, v.28, p.85-112, 1969.
- RAIJ, B.van. **Avaliação da fertilidade do solo.** Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1981. 142p.
- SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópico:** características y manejo. San José : IICA, 1981. 660p.
- SOUSA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de; LOBATO, E.; KLIEMAN, H.J. Avaliação de métodos para determinar as necessidades de calcário em solos de cerrado de Goiás e do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.3, p.144-148, 1980.